

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-070112

(43)Date of publication of application : 10.03.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/31
H01L 21/02
H01L 21/203
H01L 21/205
H01L 21/3065

(21)Application number : 09-153946

(71)Applicant : APPLIED MATERIALS INC

(22)Date of filing : 11.06.1997

(72)Inventor : ROBERT J SUTEGAA
FRED C REDEKAA

(30)Priority

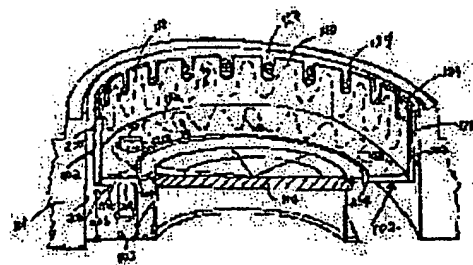
Priority number : 96 661842 Priority date : 11.06.1996 Priority country : US

(54) APPARATUS AND METHOD FOR CLEANING SEMICONDUCTOR TREATING CHAMBER SURFACE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent a semiconductor from contamination with deposits remaining in a chamber.

SOLUTION: The temp. of a temp.-controlled ceramic liner 102 near the surface of a chamber 100 is set to reduce the deposit forming on the liner surface or accelerate the deposit removing from the liner surface during treating a semiconductor substrate. Some deposit may early grow on the chamber surface. Forming and removing rates of the deposit depend on the temp. and the liner 102 can be made so as to independently set the temp. at different places. In case of a plurality of temp.-controllable liners 102, they set to different temps. according to the requirements for reducing the forming of the deposit on regions of the chamber 100 protected with the liners and for removing the deposit. A plasma generated outside the chamber 100 is pref. fed into the chamber through a conduit at treating or cleaning of the substrate. At least the inner surface of the conduit to contact with the plasma is made of a halogen- containing material; the halogen is selectable according to the active species passing through the conduit.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

04.06.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-70112

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月10日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L	21/31		H 0 1 L 21/31	C
	21/02		21/02	D
	21/203		21/203	Z
	21/205		21/205	
	21/3065		21/302	N
審査請求 未請求 請求項の数36 O L (全 12 頁)				

(21) 出願番号 特願平9-153946

(22) 出願日 平成9年(1997) 6月11日

(31) 優先権主張番号 08/661842

(32) 優先日 1996年6月11日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390040660

アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド

APPLIED MATERIALS, INCORPORATED

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

95054 サンタ クララ パウアーズ アベニュー 3050

(72) 発明者 ロバート ジェイ. ステガー

アメリカ合衆国, カリフォルニア州,

クバティノ, パール ストリート

22293

(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外4名)

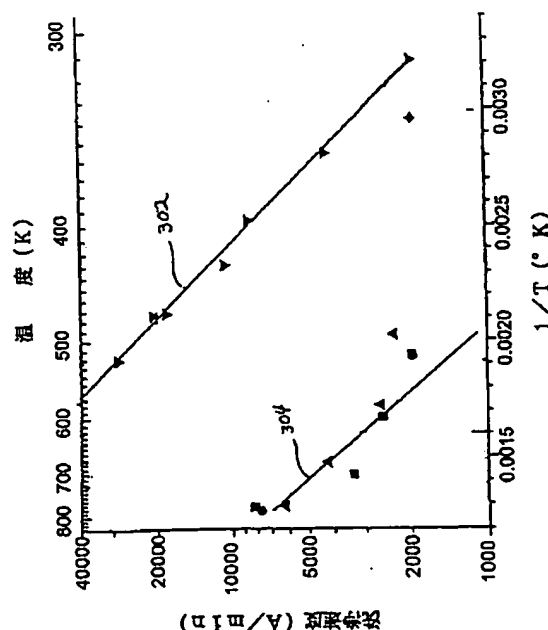
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体処理チャンバ表面を洗浄する装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 チャンバ内に残留する堆積物による半導体の汚染を防止すること。

【解決手段】 チャンバ100表面近傍の温度制御付きセラミックのライナ102の温度は、半導体の基板処理中にライナ102表面上の堆積物形成の低減やライナ102表面から堆積物除去の促進を目的に設定される。チャンバ100表面には堆積物が早く堆積するものもある。堆積物の形成又は除去の速度は温度に依存するので、ライナ102は異なる場所で温度を独立に設定可能に構成される。温度制御可能なライナ102が複数の場合、各ライナで保護されるチャンバの領域の堆積物の形成の低減又は除去の要件に応じ、異なる温度に設定される。好適には、基板処理時或いは洗浄処理時にチャンバ100外部で生成されたプラズマが導管を通してチャンバ100内に供給される。少なくともプラズマに接触する導管内側表面はハロゲン含有材料からなり、このハロゲンは導管内部を通過する活性種を考慮して選択可能である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 プラズマ含有処理中に半導体処理チャンバ表面に隣接して使用される温度制御付きのセラミックライナ又はセラミック障壁において、前記セラミックライナ又は前記セラミック障壁の温度が、前記処理チャンバ内での半導体基板の処理中に、前記セラミックライナ又は前記セラミック障壁上の堆積物の形成を減らすように、或いは前記ライナ若しくは前記障壁からの堆積物の除去を促進するように、制御されることを特徴とする温度制御付きセラミックライナ又はセラミック障壁。

【請求項2】 前記セラミックライナ又は前記セラミック障壁の構成材料が、下記の式、



によって表され、Nがホウ素、アルミニウム、シリコン、チタン、ジルコニウム又はクロムを含み、Yが酸素、窒素又は炭素を含む群の中から選ばれるものであることを特徴とする請求項1に記載の温度制御付きセラミックライナ又はセラミック障壁。

【請求項3】 aが1～2の整数であって、bが1～3の整数であることを特徴とする請求項2に記載の温度制御付きセラミックライナ又はセラミック障壁。

【請求項4】 前記構成材料が、所定の前記式によりそれぞれが表される材料の混合物を備えていることを特徴とする請求項2に記載の温度制御付きセラミックライナ。

【請求項5】 前記構成材料が、所定の前記式によりそれぞれが表される材料の混合物を備えていることを特徴とする請求項3に記載の温度制御付きセラミックライナ。

【請求項6】 前記ライナ又は前記障壁が、独立に制御可能な温度設定を行う複数の部分からなることを特徴とする請求項1に記載の温度制御付きセラミックライナ又はセラミック障壁。

【請求項7】 半導体処理チャンバの表面に隣接して、前記処理チャンバからの半導体加工物又は半導体基板の取り出しに続いた前記処理チャンバの洗浄中に使用される温度制御付きセラミックライナ又はセラミック障壁において、前記セラミックライナ又は前記セラミック障壁の温度が、前記ライナ又は前記障壁の表面からの堆積物の除去を促進するように、制御されることを特徴とする温度制御付きセラミックライナ又はセラミック障壁。

【請求項8】 前記セラミックライナ又は前記セラミック障壁の構成材料が、下記の式、



によって表され、Nがホウ素、アルミニウム、シリコン、チタン、ジルコニウム又はクロムを含み、Yが酸素、窒素又は炭素を含む群の中から選ばれるものであることを特徴とする請求項5に記載の温度制御付きセラミックライナ又はセラミック障壁。

【請求項9】 aが1～2の整数であって、bが1～3の整数であることを特徴とする請求項8に記載の温度制御付きセラミックライナ又はセラミック障壁。

【請求項10】 前記構成材料が、所定の前記式によりそれぞれが表される材料の混合物を備えていることを特徴とする請求項8に記載の温度制御付きセラミックライナ。

【請求項11】 前記構成材料が、所定の前記式によりそれぞれが表される材料の混合物を備えていることを特徴とする請求項9に記載の温度制御付きセラミックライナ。

【請求項12】 前記ライナ又は前記障壁が、独立に制御可能な温度設定を行う複数の部分からなることを特徴とする請求項7に記載の温度制御付きセラミックライナ又はセラミック障壁。

【請求項13】 セラミック表面を備えると共に、前記セラミック表面の温度を制御する手段を有する半導体処理装置において、

前記セラミック表面の温度が、半導体基板の処理中に、前記セラミック表面上の堆積物の形成を減らすように、或いは前記セラミック表面からの堆積物の除去を促進するように、制御されることを特徴とする半導体処理装置。

【請求項14】 温度制御される前記セラミック表面の構成材料が、下記の式、



によって表され、Nがホウ素、アルミニウム、シリコン、チタン、ジルコニウム又はクロムを含み、Yが酸素、窒素又は炭素を含む群の中から選ばれるものであることを特徴とする請求項13に記載の半導体処理装置。

【請求項15】 aが1～2の整数であって、bが1～3の整数であることを特徴とする請求項14に記載の半導体処理装置。

【請求項16】 前記構成材料が、所定の前記式によりそれぞれが表される材料の混合物を備えていることを特徴とする請求項14に記載の半導体処理装置。

【請求項17】 前記構成材料が、所定の前記式によりそれぞれが表される材料の混合物を備えていることを特徴とする請求項15に記載の半導体処理装置。

【請求項18】 温度制御される前記セラミック表面が、独立に制御可能な温度設定を行う複数の部分からなることを特徴とする請求項13に記載の半導体処理装置。

【請求項19】 セラミック表面を備えると共に、前記セラミック表面の温度を制御する手段を有する半導体処理装置において、

前記セラミック表面の温度が、洗浄中に前記セラミック表面から堆積物の除去を促進するように制御されることを特徴とする半導体処理装置。

【請求項20】 温度制御される前記セラミック表面の

構成材料が、下記の式、



によって表され、Nがホウ素、アルミニウム、シリコン、チタン、ジルコニウム又はクロムを含み、Yが酸素、窒素又は炭素を含む群の中から選ばれるものであることを特徴とする請求項19に記載の半導体処理装置。

【請求項21】 aが1～2の整数であって、bが1～3の整数であることを特徴とする請求項20に記載の半導体処理装置。

【請求項22】 前記構成材料が、所定の前記式によりそれぞれが表される材料の混合物を備えていることを特徴とする請求項20に記載の半導体処理装置。

【請求項23】 前記構成材料が、所定の前記式によりそれぞれが表される材料の混合物を備えていることを特徴とする請求項21に記載の半導体処理装置。

【請求項24】 温度制御される前記セラミック表面が、独立に制御可能な温度設定を行う複数の部分からなることを特徴とする請求項19に記載の半導体処理装置。

【請求項25】 プラズマにより促進される堆積処理の方法において、請求項1に記載の前記温度制御付きセラミックライナ又はセラミック障壁を使って、前記処理中に前記セラミックライナの上の堆積物の形成を制御若しくは低減したり、或いは前記セラミックライナからの堆積物除去を促進したりすることが達成されることを特徴とする方法。

【請求項26】 前記プラズマが、前記堆積処理から離れた場所で生成されることを特徴とする請求項25に記載の方法。

【請求項27】 プラズマにより促進される洗浄処理の方法において、請求項5に記載の温度制御付きセラミックライナ又はセラミック障壁を使って、前記セラミックライナ又は前記セラミック障壁から堆積物を除去することを特徴とする方法。

【請求項28】 前記プラズマが、前記洗浄処理から離れた場所で生成されることを特徴とする請求項27に記載の方法。

【請求項29】 セラミック表面を備えた半導体処理装置をプラズマにより促進される洗浄を行う方法において、

- a) 前記セラミック表面の温度を制御する手段を設け、
- b) 前記セラミック表面からの堆積物除去を促進するように前記セラミック表面の温度を制御する、ことを備えることを特徴とする方法。

【請求項30】 前記温度制御付きセラミック表面が、汚染物質の除去を最適化するように制御される複数の部分からなることを特徴とする請求項29に記載の方法。

【請求項31】 プラズマにより促進される前記洗浄で使用されるプラズマを、前記洗浄処理から離れた場所で

生成することを特徴とする請求項30に記載の方法。

【請求項32】 ハロゲンを備えるプラズマ活性種の輸送に適した導管において、

少なくとも前記反応種に接触する前記導管の内部表面が少なくともハロゲン含有材料を備えることを特徴とする導管。

【請求項33】 前記内部表面に存在するハロゲンが、前記導管の前記内部を通して供給されるべき活性種との適合性に基づいて選択されることを特徴とする、請求項32に記載の導管。

【請求項34】 プラズマ活性化活性種の発生源が、プラズマ活性種の使用される処理チャンバから離れているプラズマ活性化の方法において、

前記発生源から前記処理チャンバに前記プラズマ活性種を輸送するために適した導管の少なくとも内部表面が、ハロゲン含有材料を備えていることを特徴とする方法。

【請求項35】 前記ハロゲン含有材料が、前記導管の前記内部を通して供給されるべき活性種との適合性に基づいて選択されることを特徴とする請求項34に記載の方法。

【請求項36】 前記プラズマ活性種がフッ素を備えているときは、テトラフルオロエチレンを備えていることを特徴とする請求項34に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、化学気相堆積(Chemical vapor deposition: CVD)装置、物理気相堆積(Physical vapor deposition: PVD)装置及びエッチング装置のチャンバ表面を洗浄するための装置及びその方法に関する。特に、本装置は、洗浄すべき表面に熱を加える機能を備えている。熱は、基板のCVD処理、PVD処理、若しくはエッチング処理中、若しくはその後の(基板を取りだした)洗浄作業中、又はその両方に加えることができる。本発明の好適な実施形態では、処理チャンバの洗浄作業は、基板の取り出し後に、本明細書に述べる装置及び方法に従ってチャンバ表面を高温にした状態で、洗浄すべき表面に接触する外部生成される活性種を用いて実施される。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】半導体の処理は、基板上に微細な集積回路を作り出す数多くの異なる化学工程と物理工程とを含んでいる。集積回路は、種々の材料からなる多層のパターンを使って構成される。各材料の層は、化学気相堆積、物理気相堆積及びエピタキシャル成長をはじめとする種々の工程の組み合わせによって作製される。幾つかの層は、フォトリソと湿式及び乾式のエッチング技術を使ってパターン形成される。パターンは、特定の場所にドーパントを注入することによって各層内に作り出される。(集積回路が作り出される基板は、シリコン、ガリウム砒素、ガラ

ス、その他の適当な材料とするのがよい。)半導体を処理するリアクタ内で行われる工程の多くは、堆積して有害な微粒子の元となる堆積物を、処理チャンバの壁面に残すので、これらが処理チャンバ内に形成されて半導体素子を汚染することを防止しなければならない。半導体素子の寸法はますます小さくなっているため、半導体加工物の表面の微粒子の存在はますます重大な問題になってきている。

【0003】堆積物は、プラズマ強化エッチングを使った乾式洗浄によって処理チャンバの壁面やガス分配プレートなどから除去できるが、或いはまた処理チャンバの表面は手作業で開けて湿式洗浄することもできる。処理チャンバの壁から汚染物質を除去するためのこの後者の手順は、非常に時間がかかるものである。

【0004】重合に導くプラズマ表面相互作用を強調しているプラズマエッチングとプラズマ重合との間の相互関係の記載は、イー・ケイ及びイー・ディルクス両氏による真空科学技術学会誌18(1)の1981年1月/2月号の「高周波容量結合ダイオードシステムにおけるフルオロカーボンのプラズマ重合」(“Plasma Polymerization of Fluorocarbons in RF Capacitively Coupled Diode System” by E. Kay and A. Dilks, J. Vac. Sci. Technol. 18(1) Jan./Feb. 1981)に発表されている。プラズマエッチングでフッ素と塩素とを含有するガスを使うことに関する更なる記載が、セミコンダクタ・インターナショナルの1988年3月号の副編集長ピーター・エイチ・シンガー氏による「今日のプラズマエッチング化学」(“Today's Plasma Etch Chemistries”, Peter H. Singer, Associate Editor, Semiconductor International, March 1988)になされている。これらの論文は、エッチング化学をうまく発展させるにはガスの流量、チャンバの圧力と温度、プラズマエネルギー及びシステム構成をはじめとする処理変数の慎重な制御に加えて、入力ガスの組成の注意深い選択が必要であるということを明らかにしている。

【0005】プラズマ処理チャンバの壁面に付いた堆積物は、プラズマ中のイオン衝撃或いは化学反応によって除去可能である。化学反応は、一般に処理チャンバの表面に対するイオン衝撃を避けて堆積物を除去する穏やかな手段を提供するので、好ましい。化学反応を使って堆積物を除去する最も好ましい方法は、堆積物を処理チャンバからポンプで排気することのできる揮発種に変換することである。このように、処理チャンバ表面に最初の堆積物が形成されるのを防止するか、又は、処理チャンバ上の堆積物を処理チャンバから容易に除去できる揮発種に変換する化学反応法の提供が望まれている。

【0006】或いは、処理チャンバの表面は、堆積物が処理チャンバ表面に到達する前に堆積物を捕捉する、取り外し可能で使い捨ての(「チャンバ外に」一掃できる)ライナで内張りされている。例えば、ロバートソン

(Robertson)等に1994年11月22日に付与され、本発明の譲受人に譲渡されて、参考文献として援用される米国特許第5,366,585号には、典型的には金属であるプラズマ処理チャンバの導電性の壁を、汚染物質の堆積から、そしてガスプラズマとの反応から保護するための方法と装置が記載されている。ガスプラズマと保護すべきこのような導電性部分との間には、リアクタチャンバの導電性部分に隣接して、少なくとも0.005インチ(127mm)の厚さが望ましいとされるセラミックの障壁材料(barrier material)が使われる。このセラミックの障壁材料は、それがなければ保護されたリアクタチャンバ上に堆積するであろうプラズマから形成される汚染化合物の堆積物を捕捉し、それによって微粒子の元を減少させる。更に、堆積物形成の量を減らすこのセラミック障壁材料は、リアクタの保護された金属部分を侵食するエッチングプラズマを使わずに、ハロゲン含有ガスから生成されるエッチングプラズマを使ってリアクタチャンバの洗浄、或いは、反応チャンバ内で処理される物品(代表的には半導体基板)を保持するために使われる静電チャックの洗浄をも可能にしている。

【0007】このセラミック障壁はセラミックライナの形をなしていることが望ましく、また、ライナはアルミニウムとマグネシウムとタンタルの酸化物とフッ化物とからなる群の中から選ばれた材料で作られていることが望ましい。最も望ましいのはライナがアルミニウムで構成されていることである。

【0008】1992年2月4日に付与された、アール・ジェイ・ステージャ(R. J. Steger)による米国特許第5,085,727号には、改良型プラズマエッチング装置が開示され、導電性被膜で被覆された金属の内面を有するエッチングチャンバを備えており、プラズマエッチング処理中にチャンバ内で使われるハロゲン含有ガスなどの反応ガスによる化学的侵食から、上述の金属の内面を保護することができる。好適な実施形態では、炭素と水素若しくは窒素、又は炭素と水素と窒素のガス源を使い、プラズマにより促進されたCVD処理によって、少なくとも厚さ約0.2ミクロンの炭素被膜がエッチングチャンバの内側金属面に形成される。導電性の被膜材料は、炭素と窒化チタンとスズ酸インジウム(indium stannate)と炭化シリコンと炭化チタンと炭化タンタルとからなる群の中から選ばれた材料を備えていると言われている。

【0009】本発明の譲受人に譲渡され、1994年7月21日に出願され、参考文献として援用された、出願番号が第08/278,605号の、ロー(Law)等による米国特許出願には、遠隔の励起源を使用する堆積チャンバ洗浄技術が記載されている。この遠隔励起源は、処理チャンバの外で使われて、反応種を発生させ、それからこの反応種は処理チャンバに供給されて処理チャンバの乾式洗浄を促進する。長寿命の種を維持するため、及

び／又は、更に活性種の元として役立つガスを分解するために、チャンバ内の第2の励起源を使うこともできる。反応種の発生は遠隔励起源に依存するので、局所の励起源は、従来のシステムで必要とされるよりも遙に低い電力レベルで操作することができる。

【0010】好適な実施形態で述べた外部励起源は、マイクロ波の発生器である。一方、先駆物質ガスを活性化できる電源であればどんな電源を使ってもよい。例えば、遠隔プラズマ及び局所プラズマの両方とも、直流(DC)、ラジオ周波数(RF)及びマイクロ波(MW)による放電技術を採用することができる。もし、RF電源を使う場合は、その電源は処理チャンバの内部と容量結合又は誘導結合どちらかで結合すればよい。反応種の外部活性化は、少しばかり提案すると、熱的なガス分解技術、高強光源或いはX線源によって行うこともできる。

【0011】1994年12月22日に公開された、出願番号がPCT/US94/05619号の、ベンセン(Bensen)等によるPCT特許出願には、マイクロ波プラズマリアクタが開示され、マイクロ波エネルギーで勢勢されてプラズマになるべきガスを収容するチャンバと、そのチャンバの内部に2つの表面を有する電極とを含んでいる。この電極の第1の表面はマイクロ波を放射し、その放射面の近くでプラズマを形成し、また、電極の第2の表面は、同軸導体の導波管からマイクロ波エネルギーを受け取るが、このエネルギーは第1の放射面に転送される。

【0012】1992年4月15日に公開され、出願番号が第91308222、8号である、ドナルド・ケー・スミス(Donald K. Smith)による欧州特許出願には、大面積ダイヤモンド膜を堆積させるのに十分に適した、再循環式高速対流型反応装置(recirculating high velocity convective flow reactive system)が記述されている。この装置は、ガスが導入されるリアクタとリアクタ内のガス活性化領域とその活性化領域内のガスにエネルギーを供給する装置器具と備えている。また、この装置は、この活性化領域から間隔を開けて配置された、活性化されたガスを利用するための、リアクタ内の活性ガス表面相互作用領域と、活性化領域から相互作用領域へ活性ガスを対流によってそのガスが活性であるうちに移動させるための高速ポンプとを備えている。

【0013】一般に、半導体処理チャンバを洗浄するために使われる反応種は、普通に使用されるハロゲン及びハロゲン化合物をはじめとする広範囲の選択肢の中から選ばれる。例えば、反応ガスは、塩素、フッ素或いはそれらの化合物、例えばF₂、ClF₃、NF₃、CF₄、SF₆、C₂F₆、CCl₄、C₂Cl₆でもよい。もちろん、使用される特定のガスは、除去される堆積物質に依存している。例えば、タングステン堆積装置では、堆積したタングステンを除去するため、一般にフッ素化

合物ガスが使われる。

【0014】1990年10月2日に付与され、本発明の譲受人に譲渡され、参考文献として援用されるロー(Law)等による米国特許第4,960,488号には、リアクタチャンバの洗浄処理が記載されている。この処理は、RF電極の近くとチャンバ内及び排気システム内の全体を洗浄するために使われる。

【0015】好適な実施形態では、半導体ウェハ基板に二酸化シリコンを堆積する際に使われる処理パラメータが述べられている。特に、TEOSと酸素とキャリアガスが、0.5~200トル(Torr)の圧力で処理チャンバ内に導入される。ウェハ基板は約375℃に加熱され、ガスマニホールドプレートは約35℃(その上にTEOSが凝縮するのを防止するため)と約75℃(これより高いとTEOSが反応種に分解する)との間の温度に維持される。この後の洗浄手順は処理チャンバから残留反応物と二酸化シリコンを除去するように設計されている。

【0016】この洗浄手順は、2つのステップが連続したエッチングシーケンスである。第1ステップでは、比較的高い圧力(2~15トル)、近接した電極間隔(160ミル、すなわち4.06ミリメートル)、13.56メガヘルツで約250~650ワットのRF電力でのフルオロカーボンガスの化学的性質(約100sccmでの流量比が約1:1のC₂F₆とO₂との混合ガス)を使って、電極をエッチングする。第2ステップでは、より大きな電極間隔(400ミル、すなわち10.16ミリメートル)、13.56メガヘルツで約125~500ワットのRF電力でのフルオロカーボンガスの化学的性質(50~150sccmでのNF₃)とを組み合わせ、より低い圧力(500ミリトル~1トル)を使う。この洗浄手順のための温度範囲は与えられていない。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、温度制御付きセラミックライナ又はセラミック障壁はプラズマ含有処理中に処理チャンバ表面に隣接して使われ、ライナ温度又は障壁温度は、処理チャンバ内での半導体基板の処理中のライナ表面上の堆積物の形成を減らすように設定される。或いは、処理チャンバ表面の洗浄は、半導体基板がチャンバから取り出された後に行われ、また、ライナ温度又は障壁温度はライナ表面又は障壁表面からの堆積物の除去を促進するように設定される。

【0018】処理チャンバ表面には、堆積物が早く堆積するものがある。堆積物の形成の速度又は除去の速度は温度に依存するから、温度制御付きセラミックライナは、そのライナ内の異なる場所で独立の温度設定が可能になるように、構成することができる。多数の温度制御可能な障壁が使われる場合は、それぞれ特定の障壁によ

り保護される処理チャンバの領域において、堆積物の形成の要件、形成の低減の要件又は除去の要件に応じて、各障壁を異なる温度に設定してもよい。

【0019】本発明の好適な実施形態では、半導体基板の処理中又は処理チャンバから基板を取り出した後の洗浄処理中に使われるプラズマは、処理チャンバの外部で生成されてから導管によって処理チャンバ内に供給される。プラズマが活性化されたハロゲン種を含む場合、導管又は少なくともそのプラズマに触れる導管の内面は、ハロゲン含有材料からなるように選ばれる。導管材料に使用されるハロゲンは、その導管の内部を通して供給される活性種と同じ元素を含むように選ぶことができる。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明は、プラズマ含有処理中に処理チャンバ表面に隣接して使われる温度制御付きセラミックライナ材料又はセラミック障壁材料に関する。セラミックライナ又は障壁の温度は、処理チャンバ内での半導体基板処理中に、ライナ表面上での堆積物の形成を低減するように、又はライナ表面からの堆積物の除去を促進するように設定される。或いは、ライナ温度は、処理チャンバから半導体基板を取り出した後で行われるプラズマ洗浄処理中のライナ表面からの堆積物の除去を促進するように設定される。

【0021】温度制御付きライナはセラミックからなり、これは900℃といった高い温度でハロカーボン(halocarbons)に耐性があるという特別な利点をもたらす。大半の適用に対して、処理温度は約400℃未満であり、また望ましい処理温度は約350℃以下である。半導体素子の製造中の処理チャンバの壁面の残留物の形成を減らすことに關して、セラミックライナの温度設定は、実行されるCVD、PVD或いはエッチング処理のプロセス化学作用に依存する。半導体基板が取り出された後のリアクタチャンバの洗浄をセラミックライナが促進する場合、洗浄速度は温度に対して指数関数的であるのが基本的であるので、関係する装置にもよるがセラミックライナの温度設定は、実質上高くされるであろう。例えば、洗浄速度は結局のところ、洗浄される表面に到達するハロゲン含有プラズマ種の量によって制限される拡散になる。

【0022】化学工業ではリアクタ材料として金属やガラスや樹脂やセラミックがよく使われる。ハロゲン及びハロゲン化合物と接触するリアクタ表面は、耐蝕性を持つように設計しなくてはならない。半導体工業でリアクタの洗浄に使用されるプラズマ生成の活性ハロゲン種は、特に腐食性が強い。これらの活性ハロゲン種に耐性を有する樹脂もあるが、こういう樹脂は一般に約100℃より高い温度での動作寿命が短い。

【0023】ステンレス鋼及び高ニッケル合金鋼といった金属材料は十分な耐蝕性を示すが、少量でも鉄を含む材料は、鉄がハロゲン特にフッ素の存在する所でシリコ

ン基板上に表面欠陥を発生させる可能性があるという理由から問題を提起する。一般に、このような重金属はスパッタリング処理中に半導体基板(ウェハ)に搬送され易いから、リアクタ内でスパッタリング処理が実施される可能性がある場合は、リアクタ表面に重金属を使用することは避けられる。よく知られているアルミニウム合金のリアクタ表面は、腐食性のハロゲン含有プラズマに侵食されるばかりでなく、更にこの表面は、ハロゲン含有プラズマに曝されたときに微粒子を形成する種々の成分を含んでいる。

【0024】珪酸ガラスといったガラス構成材料は、フッ素雰囲気中で急速に腐食され、また基本的に熱衝撃に対して弱いものである。加えて、多くのガラスはナトリウム分が多く、そのナトリウムの放出がリアクタ内で処理される基板ばかりでなくリアクタのアルミニウム表面の安定性を危うくする。

【0025】温度調節可能なライナの好適な構成材料は遷移金属とアルカリを事実上含まない(基本的には約10ppm未満)セラミック材料である。このようなセラミック材料はハロゲン含有プラズマが存在する場合にも優れた耐蝕性を示している。

【0026】ライナの製作に使われる好適なセラミック材料は下記の式：



によって表される。但し、Nはホウ素、アルミニウム、シリコン、チタン、ジルコニウム又はクロムを含み、Yは酸素、窒素又は炭素を含んでいる。一般に、aは1~2の整数であり、bは1~3の整数である。セラミック材料はこのような材料の混合物であってもよい。

【0027】更に好適なセラミック材料としては、アルミナ、シリカ、チタニア及びジルコニアといった酸化物、炭化シリコン、炭化チタン、炭化ジルコニウムといった炭化物、及び、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、窒化シリコン、窒化チタンといった窒化物などがある。これらの材料のなかでも窒化アルミニウムは半導体処理に特に適していることが明らかになっている。

【0028】温度調節可能なセラミックライナ又は障壁は、このライナの温度調節に使う埋め込み型の加熱素子として抵抗ヒータを利用することが望ましい。好適な加熱素子は、例えば(限定するわけではないが)エッチングを施した柔軟なフォイルヒータ或いは捲線加熱素子である。加熱素子の熱膨張係数がライナ又は障壁セラミックの熱膨張係数とマッチするように加熱素子の材料組成を選ぶことは有益である。このことは、温度制御付きセラミックライナ又はセラミック障壁の寿命を延ばすことになり、またライナ又は障壁の背後にある処理チャンバ表面の保護効果を減ずるライナ或いは障壁の亀裂を防止することになる。

【0029】ライナは処理中に熱を吸収するから、熱は一般にライナから抜き取らなくてはならない。種々の処

理は100℃以上の高温で作業することが望ましいから、水を入れた冷却水管をセラミックライナ内を通して熱の抜き取りの役に立たない。使用可能な油は幾つかあるが、これは熱を除去する好適な方法ではない。セラミックライナからコンスタントに熱を抜き取る温度降下手段（伝導性熱搬送手段）を使うことが望ましい。そして、ライナの温度は、埋め込み型加熱素子とプラズマ負荷とを使って温度降下熱損失を相殺することによって制御される。温度制御付きセラミックライナ又はセラミック障壁の表面上又は表面近傍に配置された熱電対は、表面温度を検出して、その信号を、埋め込み型抵抗加熱素子に送る電力を制御する比例積分微分（PID）ループを備えた市販のSCR（シリコン制御整流器）制御装置のような制御装置に送信する。本好適な実施形態においては、活性プラズマ種を処理チャンバに送り込むために使われるノズルと導管は、ヒータリード部をライナへ導くチューブや処理チャンバから外部へ導くその他の周辺装置だけでなく、温度降下手段としても役立っている。当業者は、伝導性熱搬送装置は幾らでも思い浮かべることが可能である。幾つかの事例では、処理チャンバのアルミニウム合金の内面とライナの裏側との間に熱搬送不活性ガスを循環させて、この処理チャンバからコンスタントに引き出される熱搬送不活性ガスによって処理チャンバ内の減圧された圧力を維持することができる。

【0030】本発明の好適な実施形態では、半導体基板の処理中又は処理チャンバから基板を取り出した後の洗浄処理中に使われるプラズマは、この処理チャンバの外部で生成されて、少なくともハロゲン含有材料からなる内面を有する導管を通して処理チャンバ内に供給される。一般に外部の発生源から活性プラズマを搬送するために使われる導管は、ほぼ常温で作動する。導管材料を構成するハロゲン含有材料は、導管内部を通して供給される活性種を考慮して選択することが望ましい。少なくとも導管の内側表面用として有用な材料の例としては、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、ポリクロロトリフルオロエチレン（PCTFE）、パーフルオロアルコキシ（PFA）、フッ素化エチレンプロピレン（FEP）、エチレンテトラフルオロエチレン（ETFE）、エチレンクロロトリフルオロエチレン（ECTFE）、塩素化ポリ塩化ビニール（CPVC）、ポリ塩化ビニリデン（PVC）、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）などといった一般に塩素作業或いはフッ素作業に適した材料が挙げられる。

【0031】以下に説明する好適な実施形態については、当業者は本明細書に開示された概念を、本発明の特許請求の範囲に拡張可能であるから、これらの好適な実施形態は本発明に対する限定を意図するものではなく、説明目的に用いられるものである。

【0032】SiH₄-O₂プラズマ内でのシリカ被膜の堆積速度は、上昇温度（二酸化シリコンの形成に必要な

温度より高い）がシリカ被膜の堆積速度を減少させるように働くといったように、温度に依存するということが観察されている。また、チャンバの壁面からシリカ被膜をフッ素プラズマが洗浄する速度は、シリカ被膜を除去すべき表面の温度の上昇に伴って増加することも観察されている。このように、表面温度の制御によって堆積を減少させること又は堆積を防止することが可能であり、或いは、堆積物の分解速度及び表面からの堆積物の除去速度を増加させることが可能である。

【0033】本実施形態では、周囲の処理チャンバ表面にシリカ被膜が堆積するのを防止しながら、半導体基板表面にシリカ被膜を生成することが望まれている。

【0034】図1は、プラズマにより促進されたCVDによる被膜堆積が行われるこの種の半導体処理チャンバ100の下部部分の概略図を示す。処理チャンバ100は、処理中に半導体基板（図示せず）を収容する静電チャック/サセプタ114を備えている。処理チャンバの壁101は、CVDによって生成される被膜の堆積を受けやすい。更に、処理チャンバの壁101は、アルミニウム合金で構成されているのが一般で、プラズマにより促進される処理で生成される活性種の多くと反応する可能性がある。処理チャンバのアルミニウム合金壁101をCVD材料、スパッタリング材料などによる被膜から保護するために、温度制御付きセラミックライナ102が使われる。本説明図では、温度制御付きセラミックライナ102は2つの部分、上部部分104と下部部分106とからできている。上部部分104には埋め込み型抵抗ヒータ110があり、下部部分106には埋め込み型抵抗ヒータ108がある。上部部分104にはまた上部部分104の温度検出を可能にする熱電対116があり、下部部分106にはまた下部部分106の温度検出を可能にする熱電対118がある。各熱電対116と118は、比例積分微分（PID）ループを備えた市販のSCR（シリコン制御整流器）制御装置のような制御装置（図示せず）に接続されている。セラミックライナ102のうち、上部部分104のための制御装置は上部部分の温度を制御するために使われ、一方、セラミックライナ102のうち、下部部分106のための制御装置はセラミックライナ102の下部部分106の温度を制御するために独立に使われる。これによって、CVD処理或いはスパッタリング処理中に被膜堆積物の所望の減少をもたらす温度で、セラミックライナ102の各部を動作させることが可能になる。更に、温度制御付きセラミックライナ102は、リアクタのアルミニウム合金壁の表面をプラズマにより促進される処理から完全に隔離していないが、ライナの内側で処理される基板と処理チャンバの壁面に形成される微粒子との間で部分的障壁として働いて、処理チャンバ壁面が腐食性プラズマと接触するのを減らしている。更に、処理チャンバから基板を取り出した後で、被覆材料或いはスパッタリング材料を

除去するための洗浄作業のとき、ライナの所定の部分からの除去速度を制御することができる。

【0035】半導体基板の処理中の処理チャンバ表面に堆積するシリカその他の堆積物を減らしたり或いは防いだりすることに関して、下記の例が適合する。

【0036】半導体基板表面の酸化シリコン被膜を形成する、プラズマにより促進されるCVD処理において、温度制御付きセラミックライナ102の下部部分106の表面上のシリカの堆積速度が上部部分104の表面上の堆積速度よりも遅いときは、下部部分106の温度は上部部分104の温度より低く設定される。

【0037】例えば、カリフォルニア州サンタクララのアブライドマテリアルズ社から市販されているHDP CVD Centura（登録商標）リアクタでは、典型的な酸化シリコン被膜が適用された。プラズマにより促進されるCVD処理の処理条件は、約0.01～約100ミリの圧力と約0～約500Vの自己バイアス電圧を採用し、2.0MHz、約2500WのRF生成プラズマからなっていた。半導体基板の表面温度が約200℃～約400℃の場合、Ar又はKrのキャリアガスの流量約100sccmと合わせて、ガス流量は、SiH₄については約50sccm、O₂については100sccmであった。

【0038】図1に示すように、処理チャンバ100内に配置された温度制御付きセラミックライナ102の下部部分106の温度は約150℃に設定されたが、上部部分104の温度は約120℃に設定された。温度制御付きライナ102が存在しない場合、処理チャンバ100の下部アルミニウム表面103上におけるシリカの成長予想値は一般に、直径8インチのシリコンウェハ4枚の8000オングストロームの処理につき、約4000オングストロームから約6000オングストロームの間であった。温度制御付きライナ102が所定位置にあってライナの各部分が上記の特定温度に設定された場合、下部アルミニウム表面103上におけるシリカの成長予想値は同一の堆積条件の下で、約3000オングストローム未満であることが基本的であった。

【0039】セラミックライナ102の上部部分104は、セラミックライナ102の下部部分106に、セメントで接合又はろう付けで接合してもよい（図示せず）。

【0040】温度制御付きセラミックライナ又はセラミック障壁とそれによって保護される処理チャンバ表面との間の温度差によっては、ライナ又は障壁と処理チャンバ表面との間に間隔をおくことが望ましい場合がある。基本的に、温度制御付きセラミックライナ102は、ライナとアルミニウム合金処理チャンバの壁面との間の間隔が約0.5mmになるように配置されている。しかしながら、プラズマ処理で使われる減じられた圧力と約300℃未満の温度では、過度の接触を避けるためのライ

ナと処理チャンバ壁面との間の間隔は、一般には幾らであって也十分である。例えば、図2を参照すると、処理チャンバのアルミニウム壁101の表面205と温度制御付きセラミックライナ102の上部部分104の裏面207との間の絶縁間隔202は約0.5mmで十分である（図は比例尺でない）。図2はまた、下部アルミニウム表面103と温度制御付きセラミックライナ102の下部部分106の下側表面209との間の間隔206をも示している。静電チャック114とセラミックライナ102の下部部分106との間の204のような追加の間隔、及びノズル123とセラミックライナ102の下部部分106との間の間隔208は、処理チャンバ内のこれらの素子間での熱伝達の防止を助けている。

【0041】洗浄すべき素子を、埋め込み型の加熱素子を有するセラミックから作製することができ、その素子自身の温度が素子の表面からの堆積物の除去を促進するように洗浄処理の時に調節できるという事例も幾つかある。かかる良好な例として、窒化アルミニウムで作られていて埋め込み型加熱素子を有する静電チャックがある。プラズマにより促進される洗浄処理のとき、静電チャックの温度は、除去すべき堆積物の最適反応性を与える温度に調節することができる。

【0042】チャンバから半導体基板を取り出した後での半導体処理チャンバ100の洗浄に関しては、下記の例が適用される。

【0043】図3は、HDP CVD Centura（登録商標）リアクタ内の高温プレート上に置かれたシリカ被覆の試験片からシリカ堆積物を洗浄又は除去する速度のグラフ図を、異なる2組の処理条件について示したものである。これらデータには、毎分除去される堆積物の厚さと洗浄処理が行われる温度との間の温度依存関係が示されている。

【0044】図3の直線302で示される第1の組の条件の下では、約3.8トルの圧力の下で、NF₃のガス流量を約1000sccm、Ar₂のガス流量を100sccmとし、外部の1400Wマイクロ波発生源を使って、プラズマ活性種を生成した。それから、外部で生成したプラズマ活性種は、テトラフルオロエチレンの導管を通してリアクタの真空チャンバへ行き、高温プレートに（熱伝達化合物を用いて）取り付けられた約1cm角のシリカ被覆の（サーモックス被覆の）シリコンウェハチップの真上、最上部中心に配置された入口ポートに入る。プラズマ入口ノズル表面と試験片との間の間隔は、約6インチ（15.2cm）であった。

【0045】直線302で示すように、NF₃から生成された外部生成のマイクロ波活性種を使って、試験片表面からシリカ被膜を除去する除去速度（洗浄速度）

“R”を表す方程式は、

$$R = 166 e^{-2109/T} \mu/\text{min}$$

のようになる。ここで、Tは絶対温度°Kである。この

ように、洗浄速度に関しては、約65℃で毎分約0.32 μ の厚さの堆積物が除去され、約150℃では1.1 μ /minが除去され、約200℃では約1.9 μ /minが除去され、約250℃では約2.9 μ /minが除去された。

【0046】アルミニウム合金処理チャンバの表面からすべての堆積物を除去する目的がある場合、NF3の局所化されたイオン衝撃によるプラズマ活性種が生成することによって、アルミニウム合金の露出表面にフッ素が打ち込まれることが基本的である。これによりAlF_xが形成されるようになる。処理チャンバの湿式洗浄を行いながら速やかに剥がれ落ちる薄い膜を形成するものは、AlF_xである。NF3から生成された外部生成マイクロ波活性種は、上述の有害な副作用を起こさずに、除去すべき堆積物の表面と反応するために利用可能な半導体処理用チャンバに入る。

【0047】図3に直線304で示すように、第2の組の条件の下では、約3.8トルの圧力の下で、C2F6のガス流量を約200sccmとし、O2のガス流量を55sccmとして、約2MHz、約3500WのRFを用いる高密度誘導結合プラズマから、高密度プラズマ活性種を半導体処理用チャンバそれ自身の中で生成した。直線304で示すように、シリカ堆積物の除去速度(洗浄速度)“R”は、下記の通りであった。すなわち、 $R = 16.1 e^{-2466/T} \mu/min$ となった。ここでTは絶対温度°Kである。このように洗浄速度に関しては、約250℃で毎分約0.14 μ の厚さの堆積物が除去され、約300℃では0.22 μ /minが除去され、約350℃では約0.32 μ /minが除去され、約400℃では約0.429 μ /minが除去された。

【0048】当業者にとっては、他のプラズマ活性種についても同様な温度関係を決定することが可能であり、またその関係は温度制御付きセラミックライナ部の温度制御装置に入力可能であり、特定の状況下で所定の処理チャンバのために望ましい適当な洗浄速度を得ることができる。

【0049】上述のように、半導体処理チャンバの内面を洗浄するために使われるプラズマ活性種は、チャンバそれ自身の中で生成可能であり、或いはまた、外部でも生成可能である。外部での生成は、リアクタチャンバの壁面に損傷を与える可能性を減らすだけでなく、種々の場所に配置された処理チャンバ内で多数点でのプラズマ導入を可能にするので、特別の注意を必要とする特定の処理チャンバ表面にプラズマを向けることができる。反応種は、一旦、堆積チャンバ内に入っても、所望により、局所的な活性化源によって更に励起することもできる。

【0050】離れたところで生成するプラズマにとっては、処理チャンバに取り付けたり、或いはチャンバ内に

配置したりする、嵩張った(bulky)プラズマ生成用組立品を持つ必要がないので、処理装置操作上の利点もある。

【0051】離れた場所で生成されるプラズマ活性種のために多数の供給箇所を使うことに関して、図1と図2は、半導体基板の処理の時に、CVD材料を半導体処理チャンバ100の中に供給するために使われるノズル124を示している。温度制御付きセラミックライナ102の背後にあるアルミニウム壁101上にCVD材料が成長する可能性を減らすために、ノズル124は、延長可能であることが望ましい。延長可能なノズル124は、温度制御付きセラミックライナ102の洗浄時にプラズマ活性化された洗浄種を、処理チャンバ100内に供給するためにも使うことができる。追加のノズル123は、プラズマ活性化された洗浄種を処理チャンバ100内に指向性をもって供給するために使われる。

【0052】この追加のノズル123は、図1に示すように、処理チャンバ100内で種々の高さや角度に合わせられるように延長可能で且つ回転可能であることが望ましく、ここで、矢印132は延長できるという機能を示し、矢印134は回転できるという機能を示す。ノズル123を延長したり回転したりする手段(図示せず)は、図1に示す洗浄ガス(プラズマ活性化洗浄種)の導管121aと121bの下方に配置されている。導管121aと121bはそれぞれ、ノズル123が延長されていない時には停止面128上に静止する外面に配置された環状の肩部126を持っている。停止面128は、処理チャンバ100の下部アルミニウム表面103内の環状の凹部127の中に納まる。各環状の肩部126と停止面128との間の環状シール部130は、堆積チャンバの減圧した圧力と処理チャンバ100の外の周囲圧力との圧力差を維持するのを助けている。

【0053】導管121aと121bの延長及び回転を行う手段は、本明細書に図示されていないが、当業者にとっては、導管121a、121bに延長動作と回転動作を伝達する市販のモータ駆動の機械装置を得ることが可能である。このモータ駆動の機械装置は、除去すべき堆積物の堆積量と処理チャンバ内のその位置とに関係するアルゴリズムに基づいてコンピュータ制御することも可能である。

【0054】プラズマ活性種の流量と、温度制御付きセラミックライナ又はセラミック障壁の温度と、プラズマ活性化洗浄種が流れるノズルの延長及び回転とはすべて、処理チャンバ100からの堆積物除去を最適化するように調整され、且つ、コンピュータ制御されることが望ましい。

【0055】図4(a)と図4(b)は、外部で生成されたプラズマ活性種を半導体処理チャンバ100内に供給するために使われる導管120a、120bと組み合わせることで使用することのできる幾つかの可能なノズル設計図を

示したものである。図4(a)を参照すると、活性種を含む洗浄ガスは、ノズル400の導管部分404の軸402に関して45°の角度に配置されている偏向面406で偏向される。ノズル400の導管部分404を通る洗浄ガスは、矢印の流れによって示されるように、偏向器の軸402に垂直な別の方向408に流れるように方向を変えられる。このような態様では、通常は到達が難しい半導体処理チャンバ100内の領域にも、活性種を差し向けて集束させることができる。図4(b)を参照すると、偏向器ノズル429の導管部分424を通る洗浄ガスは、両方とも偏向器ノズル軸422に垂直であって互いに相反する2方向426, 428に方向を変えられる。このような態様では、追加の領域も同時に、洗浄ガスとそのガスに含まれる活性種とに曝すことができる。

【0056】ハロゲン含有プラズマ活性種を、種々の導管を通して外部の発生源から半導体処理チャンバに搬送することは、処理チャンバ内の所望の領域に到達する前に活性種が失活する可能性があるという不都合をもたらす。例えば、実験的な測定によれば、流量1000 sccm、温度約50℃、圧力約2トルで、内径約1.5インチ(3.8 cm)のステンレス鋼の導管(管類)内を直線的に1 cm移動する毎に、NF₃から生成された外部生成のマイクロ波活性種の活動度(activity)の約5~10%が失われるということが示されている。同様な測定で、活性種がアルミニウムの管類を通るとき、他のすべてが一定に維持されているとして、直線的に1 cm移動する毎に活動度の約0.13%が失われるということが示されている。テトラフルオロエチレン(TFE)の管類を使った場合は、直線的に1 cm移動する毎に活動度の約0.04%が失われるだけである。このように、活性種が半導体基板の処理チャンバに移動していく時に通る導管の内面の目的に合う適切な材料を選ぶことが重要である。

【0057】当業者はこの開示を考慮して、上述した特

許請求の範囲の発明の要旨に適合するように上記実施形態を拡張することができるから、上述の好適な実施形態は本発明の範囲を限定していると意図するものではない。

【図面の簡単な説明】

【図1】チャンバ内の所定位置に温度制御付きセラミックライナを有する半導体プラズマ処理チャンバを示す図である。

【図2】温度制御付きセラミックライナと処理チャンバの温度伝導性の壁面からの間隔とを強調した、図1のプラズマ処理チャンバを示す概略図である。

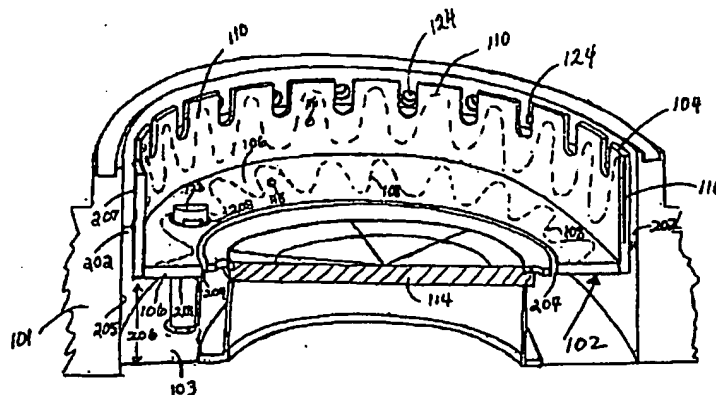
【図3】温度制御付きライナ又は障壁の表面温度とライナ又は障壁の表面からのシリカ被膜堆積物の除去速度(洗浄速度)との関係を示すグラフ図である。

【図4】プラズマ分配ノズルとプラズマ源から洗浄ノズルに導く導管とについての一般的な設計図である。洗浄ノズルは、洗浄すべき表面の方にプラズマ活性種を向けることができる。これらのノズルとこれらのノズルに導く導管とは、導管とノズルとを通過するプラズマの活性種が減少するのを避けるため、ハロゲン含有材料で構成するか、ハロゲン含有材料でライニング内張りすることが望ましい。

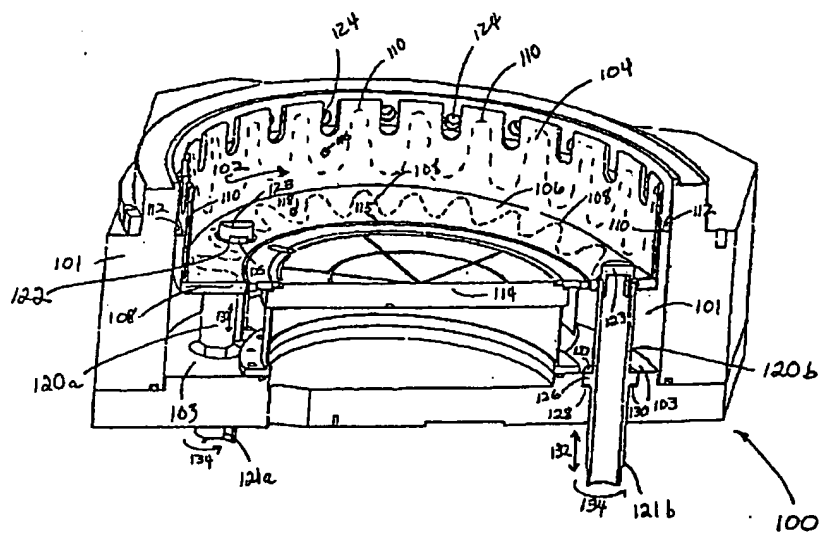
【符号の説明】

100…半導体処理チャンバ、101…処理チャンバ壁、102…セラミックライナ、103…下部アルミニウム表面、104…上部部分、106…下部部分、108, 110…埋め込み型抵抗ヒータ、114…静電チャック、116, 118…熱電対、120a, b, 121a, b…導管、123…ノズル、126…肩部、127…凹部、130…環状シール部、132, 134…矢印、202…絶縁間隔、204…追加の間隔、205…表面、206, 208…間隔、207…裏面、209…下側表面、302, 304…直線、400…ノズル、402…軸、404, 424…導管部分、406…偏向面、422…ノズル軸。

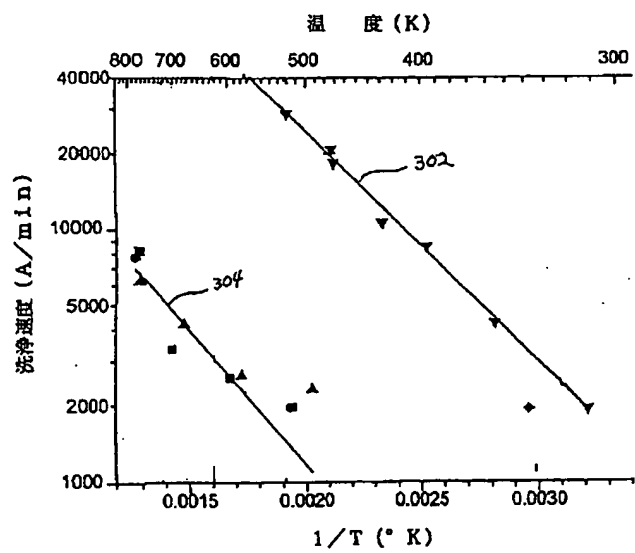
【図2】



【図1】

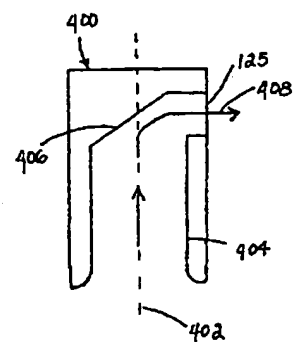


【図3】

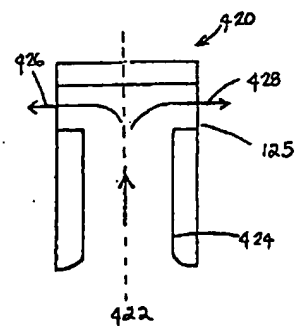


【図4】

(a)



(b)



フロントページの続き

(72)発明者 フレッド シー、 レデカー
アメリカ合衆国、 カリフォルニア州、
フリーモント、 スー ドライヴ 1801